



08.7.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP2004/010075

REC'D 29 JUL 2004

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年 7月 8日

出願番号
Application Number: 特願2003-272063
[ST. 10/C]: [JP2003-272063]

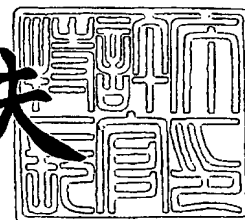
出願人
Applicant(s): トヨタ自動車株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 6月18日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 2002-08977
【提出日】 平成15年 7月 8日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 F02D 45/00
F02D 41/34
F02D 41/14

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 守谷 栄記

【発明者】
【住所又は居所】 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
【氏名】 三輪 耕平

【特許出願人】
【識別番号】 000003207
【氏名又は名称】 トヨタ自動車株式会社
【代表者】 齋藤 明彦

【代理人】
【識別番号】 100077481
【弁理士】
【氏名又は名称】 谷 義一

【選任した代理人】
【識別番号】 100088915
【弁理士】
【氏名又は名称】 阿部 和夫

【手数料の表示】
【予納台帳番号】 008268
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 0308146

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、

筒内圧力を検出する筒内圧検出手段と、

前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出する演算手段と、

前記演算手段によって算出された前記制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定する制御手段とを備えることを特徴とする内燃機関の制御装置。

【請求項 2】

前記制御パラメータは、前記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であることを特徴とする請求項 1 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 3】

前記演算手段は、所定の 2 点について前記制御パラメータを算出し、前記制御手段は、前記所定の 2 点間における前記制御パラメータの差分に基づいて前記所定の制御量を設定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 4】

前記所定の 2 点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、前記燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されることを特徴とする請求項 3 に記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 5】

前記制御手段は、所定条件下で、前回算出された前記制御パラメータの差分と、今回算出された前記制御パラメータの差分との偏差を求め、求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定することを特徴とする請求項 3 または 4 の何れかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 6】

前記制御手段は、所定条件下で、前記制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定することを特徴とする請求項 3 ～ 5 の何れかに記載の内燃機関の制御装置。

【請求項 7】

燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

(a) 筒内圧力を検出するステップと、

(b) ステップ (a) で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出するステップと、

(c) ステップ (b) で算出した前記制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定するステップとを含む内燃機関の制御方法。

【請求項 8】

前記制御パラメータは、ステップ (a) で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であることを特徴とする請求項 7 に記載の内燃機関の制御方法。

【請求項 9】

ステップ (b) では、所定の 2 点について前記制御パラメータを算出し、ステップ (c) では、前記所定の 2 点間における前記制御パラメータの差分に基づいて前記所定の制御量を設定することを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の内燃機関の制御方法。

【請求項 10】

前記所定の 2 点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、前記燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されることを特徴とする請求項 9 に記載の内燃機関の制御方法。

【請求項 11】

ステップ(c)には、所定条件下で、前回算出された前記制御パラメータの差分と、今回算出された前記制御パラメータの差分との偏差を求めるステップと、求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップとが含まれることを特徴とする請求項9または10に記載の内燃機関の制御方法。

【請求項 12】

ステップ(c)には、所定条件下で、前記制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップが含まれることを特徴とする請求項9～11の何れかに記載の内燃機関の制御方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来から、内燃機関の制御装置として、各気筒に設けられた筒内圧センサと、各筒内圧センサからの圧力信号に基づいて各気筒につき単位クランク角ごとに燃焼行程中の熱発生量を算出する演算手段とを備えたものが知られている（例えば、特許文献1参照。）。この内燃機関の制御装置では、演算手段の演算結果に基づいて各気筒における熱発生量が同一レベルになるように各気筒への燃料供給量（各気筒における空燃比）が補正される。また、従来から、内燃機関の制御装置として、筒内圧検出手段によりサンプリングされる筒内圧の微小クランク角間における変化量を熱発生率として求め、求めた熱発生率に基づいて高負荷運転時における燃料供給量や、吸気系統への排気還流量を補正するものも知られている（特許文献2および特許文献3参照。）。更に、筒内圧を積算して算出した上死点後圧力積算値から上死点前圧力積算値を差し引いた値を用いて、点火時期、空燃比、排気還流量および燃料噴射時期を制御する手法も知られている（特許文献4参照。）。

【0003】

【特許文献1】特開昭63-268951号公報

【特許文献2】特開平4-81534号公報

【特許文献3】特開平4-81557号公報

【特許文献4】特開2001-152952号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述のような従来の内燃機関の制御装置は、基本的に、筒内圧検出手段より検出された筒内圧を微小な単位クランク角ごとに積分または微分処理するものである。このため、従来の制御装置における演算負荷は多大なものとなっており、この点から、従来の制御装置を例えば車両用内燃機関等に適用するのは實際上困難となっていた。

【0005】

そこで、本発明は、高精度な機関制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法の提供を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による内燃機関の制御装置は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御装置において、筒内圧を検出する筒内圧検出手段と、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出する演算手段と、演算手段によって算出された制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定する制御手段とを備えることを特徴とする。

【0007】

この場合、制御パラメータは、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であると好ましい。

【0008】

また、演算手段は、所定の2点について制御パラメータを算出し、制御手段は、所定の2点間における制御パラメータの差分に基づいて所定の制御量を設定すると好ましい。

【0009】

更に、所定の2点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されると好ましい。

【0010】

また、制御手段は、所定条件下で、前回算出された制御パラメータの差分と、今回算出された制御パラメータの差分との偏差を求め、求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すると好ましい。

【0011】

更に、制御手段は、所定条件下で、制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すると好ましい。

【0012】

本発明による内燃機関の制御方法は、燃料および空気の混合気を筒内で燃焼させて動力を発生する内燃機関の制御方法において、

(a) 筒内圧力を検出するステップと、

(b) ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて制御パラメータを算出するステップと、

(c) ステップ(b)で算出した制御パラメータに基づいて所定の制御量を設定するステップとを含むものである。

【0013】

この場合、制御パラメータは、ステップ(a)で検出した筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積であると好ましい。

【0014】

また、ステップ(b)では、所定の2点について制御パラメータを算出し、ステップ(c)では、所定の2点間における制御パラメータの差分に基づいて所定の制御量を設定すると好ましい。

【0015】

更に、所定の2点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されると好ましい。

【0016】

また、ステップ(c)には、所定条件下で、前回算出された制御パラメータの差分と、今回算出された制御パラメータの差分との偏差を求めるステップと、求めた偏差に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップとが含まれると好ましい。

【0017】

更に、ステップ(c)には、所定条件下で、制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量を設定するステップが含まれてもよい。

【発明の効果】**【0018】**

本発明によれば、高精度な機関制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および制御方法の実現が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】**【0019】**

本発明者らは、演算負荷の低減化を図りつつ高精度な内燃機関の制御を可能にするために鋭意研究を重ね、その結果、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて算出される制御パラメータに着目するに至った。より詳細には、本発明者らは、クランク角が θ である際に筒内圧検出手段によって検出される筒内圧力を $P(\theta)$ とし、クランク角が θ である際の筒内容積を $V(\theta)$ とし、比熱比を κ とした場合に、筒内圧力 $P(\theta)$ と、筒内容積 $V(\theta)$ を比熱比(所定の指数) κ で累乗した値 $V^{\kappa}(\theta)$ との積として得られる制御パラメータ $P(\theta) \cdot V^{\kappa}(\theta)$

(以下、適宜「 PV^{κ} 」と記す)に着目した。そして、本発明者らは、クランク角に対する内燃機関の筒内における熱発生量 Q の変化パターンと、クランク角に対する制御パラメータ PV^{κ} の変化パターンとは、図1に示されるような相関を有することを見出した。ただし、図1において、 -360° 、 0° および 360° は、上死点に、 -180° および 180° は、下死点に対応する。

【0020】

図1において、実線は、所定のモデル気筒において所定の微小クランク角おきに検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の比熱比 κ で累乗した値との積である制御パラメータ $P V^{\kappa}$ をプロットしたものである。また、図1において、破線は、上記モデル気筒における熱発生量 Q を、熱発生率の式： $dQ/d\theta = \{dP/d\theta \cdot V + \kappa \cdot P \cdot dV/d\theta\} / \{\kappa - 1\}$ に基づき、 $Q = \int dQ$ として算出・プロットしたものである。なお、何れの場合も、簡単のために、 $\kappa = 1.32$ とした。

【0021】

図1に示される結果からわかるように、クランク角に対する熱発生量 Q の変化パターンと、クランク角に対する制御パラメータ $P V^{\kappa}$ の変化パターンとは、概ね一致（相似）しており、特に、筒内の混合気の燃焼開始（ガソリンエンジンでは火花点火時、ディーゼルエンジンでは圧縮着火時）の前後（例えば、図1における約 -180° から約 135° までの範囲）では、熱発生量 Q の変化パターンと、制御パラメータ $P V^{\kappa}$ の変化パターンとは極めて良好に一致することがわかる。従って、本発明者らによって見出された筒内における熱発生量 Q と制御パラメータ $P V^{\kappa}$ との相関を利用して、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積とに基づいて算出される制御パラメータ $P V^{\kappa}$ に基づいて所定の制御量を設定すれば、高負荷な演算処理を要することなく、筒内における熱発生量 Q を反映させた高精度かつ応答性の良好な機関制御を簡易に実行することが可能となる。

【0022】

このように、本発明による内燃機関の制御装置では、上述のような新規な知見に基づいて、筒内圧を検出する筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積に基づいて算出される制御パラメータ、すなわち、筒内圧検出手段によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータ（ $P V^{\kappa}$ ）に基づいて所定の制御量が算出されるのである。

【0023】

そして、好ましくは、所定の2点について制御パラメータが算出され、当該所定の2点間における制御パラメータの差分に基づいて所定の制御量が算出される。

【0024】

上述のように、本発明者らが着目した制御パラメータ $P V^{\kappa}$ は、内燃機関の筒内における熱発生量 Q を反映するものであり、所定の2点間（例えば筒内における燃焼開始（火花点火または圧縮着火）の前後2点）における制御パラメータ $P V^{\kappa}$ の差分は、上記2点間における筒内での熱発生量 $\int dQ$ （ dQ を例えば θ_1 から θ_2 〔ただし、 $\theta_1 < \theta_2$ 〕まで積分した値、以下同じ）を示し、極めて低負荷で算出し得るものである。従って、所定の2点間における制御パラメータの差分を利用すれば、演算負荷を大幅に低減させつつ、筒内における熱発生量に応じて所定の制御量を精度よく設定することが可能となる。この場合、上記所定の2点の一方は、吸気弁開弁後かつ燃焼開始前に設定され、他方は、燃焼開始の後かつ排気弁開弁前に設定されると好ましい。

【0025】

また、好ましくは、所定条件下で、前回算出された制御パラメータの差分と、今回算出された制御パラメータの差分との偏差が求められ、求められた差分に基づいて混合気の空燃比を補正するための制御量が算出される。

【0026】

本発明者らは、更に、筒内における熱発生量と、筒内における混合気の空燃比との関係にも着目した。すなわち、図2に示されるように、混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さい場合（リッチな場合）、上記所定の2点間における熱発生量 $\int dQ$ の変化（率）は、リーン領域に比べて微小であり、混合気の空燃比が理想空燃比を上回ってリーン領域に入ると、急激に減少するようになる。従って、内燃機関の運転中に、熱発生量 $\int dQ$ を示す所定の2点間における制御パラメータ $P V^{\kappa}$ の差分を求めると共に、制御パラメータ $P V$

κ の差分の前の算出値と今回の算出値との偏差を求め、当該偏差が所定値付近（所定範囲内）に保たれるように燃料供給量の補正值といった混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すれば、常に筒内における混合気の空燃比を理想空燃比付近に精度よく保つことが可能となる。

【0027】

更に、好ましくは、所定条件下で、上記制御パラメータの差分が目標値と一致するように混合気の空燃比を補正するための制御量が算出される。

【0028】

図2からわかるように、筒内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きくなると（リーンになると）、所定の2点間における熱発生量 $\int dQ$ は、空燃比が増加するにつれて、失火前の急変点（リーン限界）まで、空燃比に概ね比例して減少する。従って、熱発生量 $\int dQ$ を示す所定の2点間における制御パラメータ PV^{κ} の差分を求めた上で、当該差分が予め定められた目標値と一致するように燃料供給量の補正值といった混合気の空燃比を補正するための制御量を設定すれば、筒内における混合気の空燃比を理想空燃比よりも大きな（リーンな）所望の目標値付近に精度よく保つことが可能となる。

【0029】

以下、図面を参照しながら、本発明を実施するための最良の形態について詳細に説明する。

【0030】

図3は、本発明による内燃機関を示す概略構成図である。同図に示される内燃機関1は、シリンダブロック2に形成された燃焼室3の内部で燃料および空気の混合気を燃焼させ、燃焼室3内でピストン4を往復移動させることにより動力を発生するものである。なお、図1には1気筒のみが示されるが、内燃機関1は多気筒エンジンとして構成されると好ましく、本実施形態の内燃機関1は、例えば4気筒エンジンとして構成される。

【0031】

各燃焼室3の吸気ポートは、吸気マニホールドを介して吸気管5にそれぞれ接続され、各燃焼室3の排気ポートは、排気マニホールドを介して排気管6にそれぞれ接続されている。また、内燃機関1のシリンダヘッドには、吸気ポートを開閉する吸気弁 V_i と、排気ポートを開閉する排気弁 V_e とが燃焼室3ごとに配設されている。各吸気弁 V_i および各排気弁 V_e は、例えば、可変バルブタイミング機能を有する動弁機構（図示省略）によって開閉させられる。更に、内燃機関1は、気筒数に応じた数の点火プラグ7を有し、点火プラグ7は、対応する燃焼室3内に臨むようにシリンダヘッドに配設されている。

【0032】

各吸気管5（吸気マニホールド）は、図1に示されるように、サージタンク8に接続されている。サージタンク8には、給気ラインL1が接続されており、給気ラインL1は、エアクリーナ9を介して図示されない空気取入口に接続されている。そして、給気ラインL1の中途（サージタンク8とエアクリーナ9との間）には、スロットルバルブ（本実施形態では、電子スロットルバルブ）10が組み込まれている。一方、排気管6には、図1に示されるように、三元触媒を含む前段触媒装置11aおよび NO_x 吸蔵還元触媒を含む後段触媒装置11bが接続されている。

【0033】

更に、内燃機関1は、図1に示されるように、複数のインジェクタ12を有し、インジェクタ12は、対応する燃焼室3内に臨むようにシリンダヘッドに配設されている。また、内燃機関1の各ピストン4は、いわゆる深皿頂面型に構成されており、その上面には、凹部4aが形成されている。そして、内燃機関1では、各燃焼室3内に空気を吸入させた状態で、各インジェクタ12から各燃焼室3内のピストン4の凹部4aに向けてガソリン等の燃料が直接噴射される。これにより、内燃機関1では、点火プラグ7の近傍に燃料と空気との混合気の層が周囲の空気層と分離された状態で形成（成層化）されるので、極めて希薄な混合気を用いて安定した成層燃焼を実行することが可能となる。なお、本実施形態の内燃機関1は、いわゆる直噴エンジンとして説明されるが、これに限られるものでは

なく、本発明が吸気管（吸気ポート）噴射式の内燃機関に適用され得ることはいうまでもない。

【0034】

上述の各点火プラグ7、スロットルバルブ10、各インジェクタ12および動弁機構等は、内燃機関1の制御装置として機能するECU20に電氣的に接続されている。ECU20は、何れも図示されないCPU、ROM、RAM、入出力ポート、および、記憶装置等を含むものである。ECU20には、図1に示されるように、内燃機関1のクランク角センサ14を始めとした各種センサが電氣的に接続されている。ECU20は、記憶装置に記憶されている各種マップ等を用いると共に各種センサの検出値等に基づいて、所望の出力が得られるように、点火プラグ7、スロットルバルブ10、インジェクタ12、動弁機構等を制御する。

【0035】

また、内燃機関1は、半導体素子、圧電素子あるいは光ファイバセンサ等を含む筒内圧センサ（筒内圧検出手段）15を気筒数に応じた数だけ有している。各筒内圧センサ15は、対応する燃焼室3内に受圧面が臨むようにシリンダヘッドに配設されており、ECU20に電氣的に接続されている。各筒内圧センサ15は、対応する燃焼室3における筒内圧を検出し、検出値を示す信号をECU20に与える。

【0036】

次に、図4を参照しながら、上述の内燃機関1の動作について説明する。

【0037】

内燃機関1が始動された後、アイドル状態からアイドルオフ状態に移行すると、図4に示されるように、ECU20は、図示されないアクセル位置センサからの信号等に基づいて内燃機関1の目標トルクを定めると共に、予め用意されているマップ等を用いて目標トルクに応じた吸入空気量（スロットルバルブ10の開度）および各インジェクタ12からの燃料噴射量（燃料噴射時間）を設定する（S10）。更に、ECU20は、S12にて、スロットルバルブ10の開度をS10にて求めた開度に設定すると共に、各インジェクタ12から例えば吸気行程中にS10にて定めた量の燃料を噴射させる。

【0038】

また、ECU20は、クランク角センサ14からの信号に基づいて内燃機関1のクランク角をモニタしている。そして、ECU20は、燃焼室3ごとに、各吸気弁Viの開弁後であって、かつ、各点火プラグ7による点火前に設定された第1のタイミング（クランク角が θ_1 となるタイミング）になると、筒内圧センサ15からの信号に基づいて、クランク角が θ_1 となる時の筒内圧力 $P(\theta_1)$ を求める。更に、ECU20は、求めた筒内圧力 $P(\theta_1)$ と、筒内圧力 $P(\theta_1)$ の検出時、すなわち、クランク角が θ_1 となる時の筒内容積 $V(\theta_1)$ を比熱比 κ （本実施形態では、 $\kappa = 1.32$ ）で累乗した値との積である制御パラメータ $P(\theta_1) \cdot V^*(\theta_1)$ を燃焼室3ごとに算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる（S14）。

【0039】

第1のタイミングは、各燃焼室3内において燃焼が開始される時点（点火時）よりも十分に前のタイミングに設定されると好ましく、本実施形態において、第1のタイミングは、例えば、クランク角センサ14からの信号に示されるクランク角が -60° となるタイミング（ $\theta_1 = -60^\circ$ 、すなわち、上死点前 60° ）とされている。また、 $V^*(\theta_1)$ の値（本実施形態では、 $V^*(-60^\circ)$ の値）は、予め算出された上で記憶装置に記憶されている。

【0040】

S14の処理の後、ECU20は、燃焼室3ごとに、各点火プラグ7による点火後であって、各排気弁Veの開弁前に設定された第2のタイミング（クランク角が θ_2 となるタイミング）になると、筒内圧センサ15からの信号に基づいて、クランク角が θ_2 となる時の筒内圧力 $P(\theta_2)$ を求める。更に、ECU20は、求めた筒内圧力 $P(\theta_2)$ と、筒内圧力 $P(\theta_2)$ の検出時、すなわち、クランク角が θ_2 となる時の筒内容積 $V(\theta_2$

を比熱比 κ （本実施形態では、 $\kappa = 1.32$ ）で累乗した値との積である制御パラメータ $P(\theta_2) \cdot V^*(\theta_2)$ を燃焼室3ごとに算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる（S16）。第2のタイミングは、燃焼室3内における混合気の燃焼が概ね完了したタイミングに設定されると好ましく、本実施形態では、第2のタイミングが、例えば、クランク角センサ14からの信号に示されるクランク角 θ が 90° となるタイミング（ $\theta_2 = 90^\circ$ 、すなわち、上死点后 90° ）とされている。また、 $V^*(\theta_2)$ の値（本実施形態では、 $V^*(90^\circ)$ の値）は、予め算出された上で記憶装置に記憶されている。

【0041】

上述のようにして、制御パラメータ $P(\theta_1) \cdot V^*(\theta_1)$ および $P(\theta_2) \cdot V^*(\theta_2)$ を求めると、ECU20は、燃焼室3ごとに、第1および第2のタイミングの間における制御パラメータ $P V^*$ の差分を、

$$\Delta P V^* = P(\theta_2) \cdot V^*(\theta_2) - P(\theta_1) \cdot V^*(\theta_1)$$

として算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる（S18）。この差分 $\Delta P V^*$ は、上述のように、第2のタイミングと第1のタイミングとの間（所定の2点間）における各燃焼室3での熱発生量 $\int dQ$ 、すなわち、第1のタイミングから第2のタイミングまでの間に燃焼室3で発生した熱量を示すものである。燃焼室3ごとに制御パラメータ $P V^*$ の差分 $\Delta P V^*$ を求めると、ECU20は、すべての燃焼室3について制御パラメータ $P V^*$ の差分 $\Delta P V^*$ の平均値 $Q_{est} (= Q_{est new})$ を算出し、RAMの所定の記憶領域に記憶させる（S20）。このように、全燃焼室3について差分 $\Delta P V^*$ の平均をとることにより、その後の処理に対する燃焼室3間の燃焼バラツキによる影響を緩和させることができる。

【0042】

上述のS14からS20までの処理により、第1のタイミングと第2タイミングとの間における熱発生量を良好に反映した制御パラメータ $P V^*$ の差分 $\Delta P V^*$ の平均値 Q_{est} が簡易かつ速やかに算出されることになる。これにより、筒内圧力を微小な単位クランク角ごとに積分処理して各燃焼室3における熱発生量を算出する場合と比較して、ECU20における演算負荷を大幅に低減させることができる。

【0043】

S20における処理が完了すると、ECU20は、この段階で内燃機関1が何れの運転モードに従って運転されるべきかを判定する（S22）。本実施形態の内燃機関1は、各燃焼室3における燃料および空気の混合気の空燃比を理想空燃比（燃料：空気＝1：14.7）に設定するストイキ運転モードと、各燃焼室3における混合気の空燃比を理想空燃比よりも大きい所望の目標空燃比に設定するリーン運転モードの何れかのもとで運転され得る。そして、ECU20は、S22において、回転数、負荷、スロットル開度、アクセルペダルの踏込加速度等のパラメータに基づいて、ストイキ運転モードを実行すべきか否かを判定する。

【0044】

S22において、ストイキ運転モードを実行すべきであると判断した場合、ECU20は、各燃焼室3における今回の点火に伴ってS20にて算出した制御パラメータ $P V^*$ の差分 $\Delta P V^*$ の平均値 $Q_{est new}$ と、各燃焼室3における前回の点火に伴ってS20にて算出した制御パラメータ $P V^*$ の差分 $\Delta P V^*$ の平均値 $Q_{est old}$ との偏差 ΔQ を、

$$\Delta Q = Q_{est new} - Q_{est old}$$

として算出する（S24）。

【0045】

ここで、図2に関連して説明されたように、混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さい場合（リッチな場合）、所定の2点間における熱発生量 $\int dQ$ の変化（率）は、リーン領域に比べて微小であり、燃料室3内の混合気の空燃比が理想空燃比を上回ってリーン領域に入ると、急激に減少するようになる。従って、熱発生量 $\int dQ$ を示す所定の2点間における制御パラメータ $P V^*$ の差分の今回の算出値 $Q_{est new}$ と前回の算出値 Q_{est}

。1 d との偏差 ΔQ (図 2 における熱発生量の傾き) が所定値付近 (所定範囲内) に保たれるようにすれば、各燃焼室 3 において、所定の 2 点間における熱発生量 $\int dQ$ が 1 回の点火の前後ではほぼ一定に保たれ、混合気の空燃比もほぼ一定に保たれることになる。

【0046】

このため、ECU 20 は、S 24 にて偏差 ΔQ を求めると、偏差 ΔQ と所定の閾値 α (負の所定値) を比較することにより、各燃焼室 3 内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きいか (リーンであるか) 否かを判定する (S 26)。そして、ECU 20 は、S 26 にて各燃焼室 3 における混合気がリーンになっている (偏差 ΔQ が閾値 α 以下である) と判断した場合、各インジェクタ 12 からの燃焼噴射量を僅かに増加させるように燃料噴射量の補正值を設定する (S 28)。これにより、ストイキ運転モードの実行中に各燃焼室 3 内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きくなっていても、各燃焼室 3 における混合気をリッチ化させて、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を理想空燃比に近づけることが可能となる。

【0047】

また、ECU 20 は、S 26 にて各燃焼室 3 内における混合気がリーンになっていないと判断した場合には、各燃焼室 3 における混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さく (リッチに) なっているとみなし、各インジェクタ 12 からの燃焼噴射量を僅かに減少させるように燃料噴射量の補正值を設定する (S 30)。これにより、ストイキ運転モードの実行中に各燃焼室 3 内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも小さくなっていても、各燃焼室 3 における混合気を僅かりーン化させて、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を理想空燃比に近づけることができる。なお、本実施形態では、S 28 および S 30 で設定される燃料噴射量の補正值は、予め定められた一定の量とされるが、当該補正值は、偏差 ΔQ と閾値との差分に応じて算出されてもよい。

【0048】

一方、S 22 において、ストイキ運転モードを実行すべきではない、すなわち、リーン運転モードを実行すべきであると判断した場合、ECU 20 は、リーン運転モードにおける目標空燃比に対応した熱発生量の目標値 Q_t を記憶装置から読み出すと共に、S 20 で求めた制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* の平均値 Q_{est} ($Q_{est,old}$) と目標値 Q_t との偏差 e を、

$$e = Q_{est} - Q_t$$

として算出する (S 32)。そして、ECU 20 は、予め用意されたマップまたは所定の関数式を用いて S 32 にて求めた偏差 e をゼロにするように燃焼噴射量の補正值を算出 (設定) する (S 34)。

【0049】

ここで、図 2 に関連して説明されたように、各燃焼室 3 内における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きくなると (リーンになると)、所定の 2 点間における熱発生量 $\int dQ$ は、空燃比が増加するにつれて、失火前の急変点 (リーン限界) まで、空燃比に概ね比例して減少する。従って、混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きい領域 (リーン領域) では、S 20 で求めた所定の 2 点間における制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* の平均値 Q_{est} と目標値 Q_t との偏差 e がゼロになるようにすることにより、各燃焼室 3 における混合気の空燃比を理想空燃比よりも大きな (リーンな) 所望の目標空燃比に保つことが可能となる。すなわち、内燃機関 1 では、リーン運転モードに際して、制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* の平均値 Q_{est} を目標値 Q_t に近づけるフィードバック制御が行われる。これにより、内燃機関 1 では、熱発生量の目標値 Q_t を適宜設定することにより、各燃焼室 3 内の混合気を図 2 におけるリーン限界付近までできる限りリーン化させる、いわゆるリーンリミット運転を実行することも可能である。

【0050】

上述のようにして、ECU 20 は、ストイキ運転モードの場合、S 28 または S 30 にて燃料噴射量の補正值を設定し、リーン運転モードの場合、S 34 にて燃料噴射量の補正值を設定する。そして、ECU 20 は、S 10 に戻ると、S 28、S 30 または S 34 に

て設定した燃料噴射量の補正値を踏まえて（加減算しながら）各インジェクタ12からの燃料噴射量（燃料噴射時間）を設定すると共に、スロットルバルブ10の開度を設定し、再度S12以降の処理を実行する。このような一連の処理は、アイドルオフ状態が継続される間、EUC20によって繰り返される。

【0051】

以上説明されたように、内燃機関1では、ストイキ運転モードに際して、所定の2点間における熱発生量を良好に反映した制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* を用いて、各燃焼室3における混合気の空燃比が精度よく理想空燃比付近に設定されるので、供給空気量と理論空気量との比 λ が $\lambda=1$ となる領域を拡大させることができる。また、内燃機関1では、リーン運転モードに際しても、所定の2点間における熱発生量を良好に反映した制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* を用いて、各燃焼室3における混合気の空燃比が理想空燃比よりも大きな所定の目標空燃比に精度よく設定される。

【0052】

このように、所定の2点間における熱発生量を反映した制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* を用いて内燃機関1の空燃比制御を実行することにより、内燃機関の排気系統において取得された排気空燃比等に基づいて筒内空燃比を制御（フィードバック制御）する場合に認められる、いわゆる検出遅れや輸送遅れの問題を解消することが可能となり、空燃比制御の応答性および精度を大幅に向上させることができる。そして、上述のように制御パラメータ PV^* の差分 ΔPV^* を用いることによって高精度な空燃比制御を実行することができるので、従来の空燃比制御において不可欠であった排気空燃比検出用の O_2 センサや、吸入空気量検出用のエアフローメータ等を省略可能となり、内燃機関1を低コストで構成可能となる。また、高精度な空燃比制御の実現により、触媒の浄化負担を低減させることができるので、触媒装置をコンパクト化することも可能となる。

【0053】

なお、各燃焼室3における混合気の空燃比を補正するため制御量は、燃料噴射量の補正値に限られるものではなく、スロットル開度の補正値や、排気還流システムを備えた内燃機関における排気還流量の補正値等であってもよく、これらが適宜組み合わせられてもよい。すなわち、S28、S30およびS34の処理では、各燃焼室3における混合気の空燃比を補正するために、燃料噴射量、スロットル開度、排気還流量等の少なくとも何れか一つの補正値が設定されればよい。更に、本発明は、ガソリンエンジンだけではなく、ディーゼルエンジンにも適用され得ることはいうまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0054】

【図1】本発明において用いられる制御パラメータ PV^* と、燃焼室内における熱発生量との相関を示すグラフである。

【図2】燃焼室内における混合気の空燃比と、所定の2点間における熱発生量との相関を示すグラフである。

【図3】本発明による内燃機関を示す概略構成図である。

【図4】図3の内燃機関の動作を説明するためのフローチャートである。

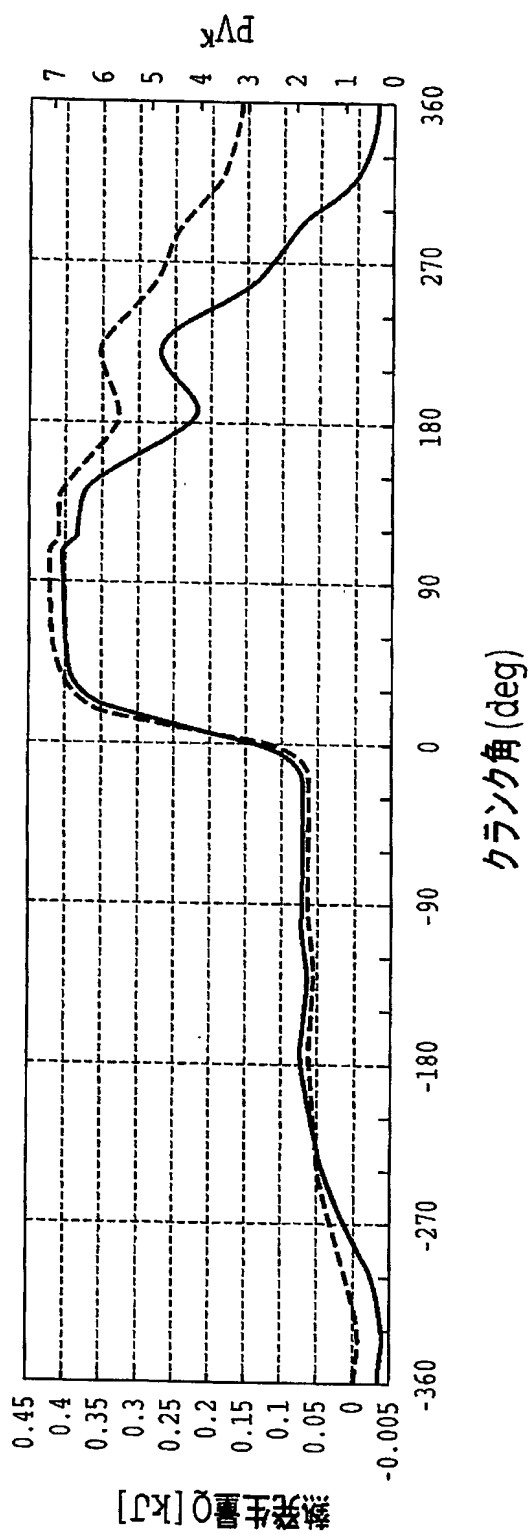
【符号の説明】

【0055】

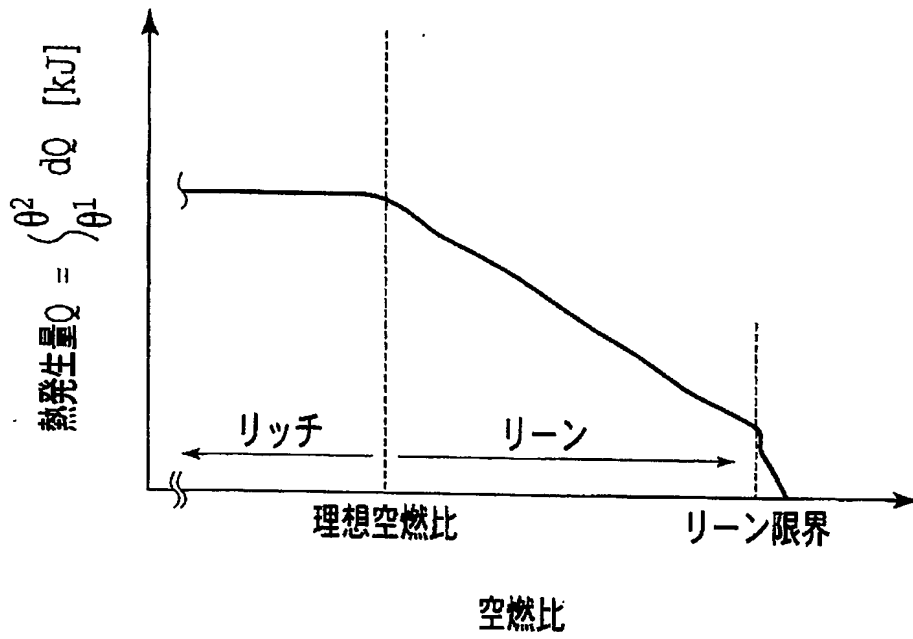
- 1 内燃機関
- 3 燃焼室
- 4 ピストン
- 7 点火プラグ
- 12 インジェクタ
- 14 クランク角センサ
- 15 筒内圧センサ
- V_e 排気弁
- V_i 吸気弁

【書類名】図面

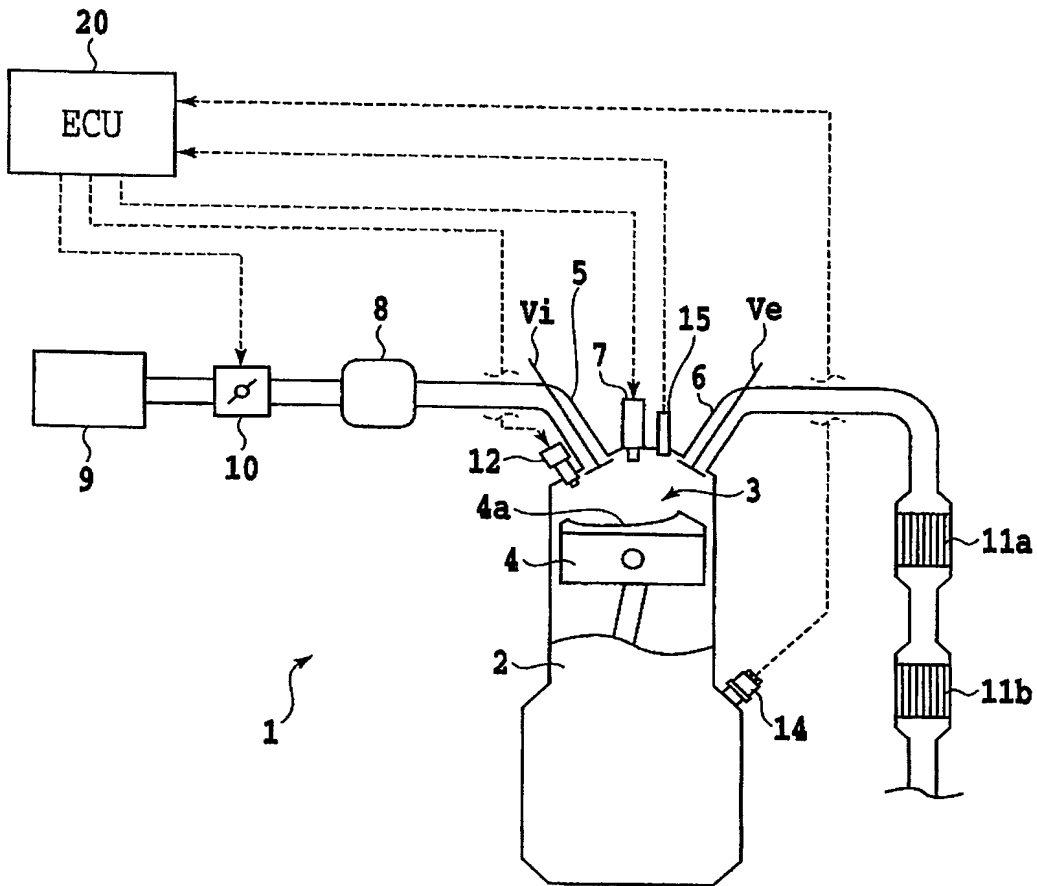
【図 1】



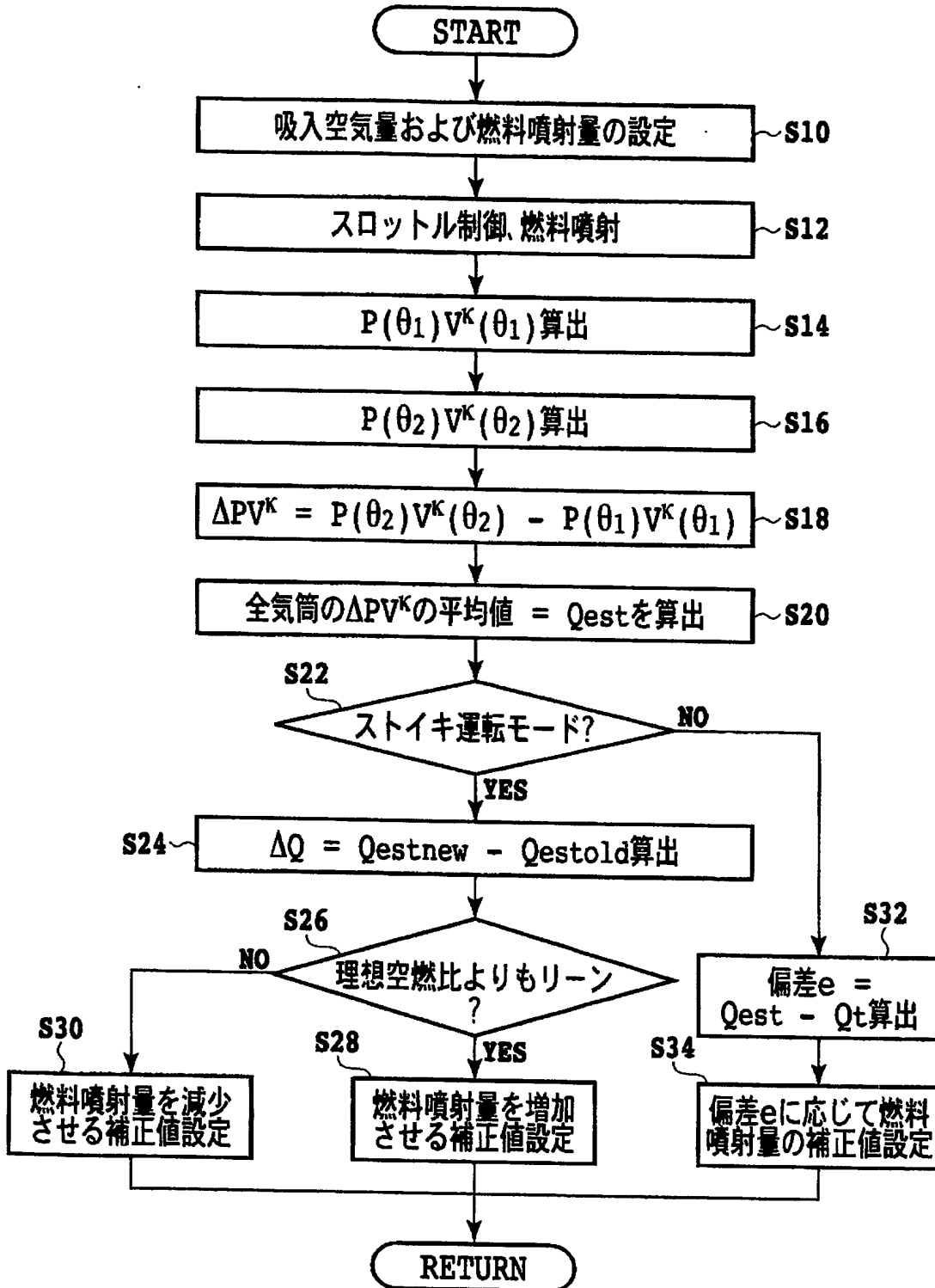
【図2】




【図3】



【図 4】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度な機関制御を低負荷で簡易に実行可能とする実用的な内燃機関の制御装置および内燃機関の制御方法の提供。

【解決手段】 燃料および空気の混合気を各燃焼室 3 内で燃焼させて動力を発生する内燃機関 1 は、燃焼室 3 に設けられて筒内圧力を検出する筒内圧センサ 15 および ECU 20 を備える。ECU 20 は、筒内圧センサ 15 によって検出された筒内圧力と、当該筒内圧力の検出時における筒内容積を所定の指数で累乗した値との積である制御パラメータを所定の 2 点について算出すると共に、所定の 2 点間における当該制御パラメータの差分に基づいて燃料噴射量の補正値を算出する。所定の 2 点の一方は、吸気弁 V_i の開弁後かつ点火プラグ 7 による点火前に設定され、他方は、当該点火後かつ排気弁 V_e の開弁前に設定される。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 2 7 2 0 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 2 0 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

愛知県豊田市トヨタ町 1 番地

氏 名

トヨタ自動車株式会社